

受験番号	M								
------	---	--	--	--	--	--	--	--	--

広島大学大学院先進理工系科学研究科
量子物質科学プログラム
博士課程前期入学試験問題

専 門 科 目 (物理学分野)

2020年8月27日 13:30～16:30

注意事項

- (1) 以下の用紙が配付されている。
問題用紙 (表紙を含む) 5枚
解答用紙 4枚
下書用紙 1枚
- (2) 問題は全部で4問あり, [1]～[4]の問題番号および出題科目名を に示してある。
- (3) これらすべてについて解答せよ。
- (4) 解答は問題ごとに指定の用紙を用いること。紙面が不足した場合は裏面を用いてよい。
- (5) 問題用紙の表紙, 解答用紙および下書用紙のすべてに受験番号を記入せよ。
- (6) 試験終了後, 解答用紙を提出すること。問題用紙及び下書用紙は持ち帰ること。

試験科目 専門科目

[1] 力学

- (1) 図1のように x - y 平面内 ($z=0$) に置かれ、中心が原点にある密度一様な質量 M 、半径 a の円輪 (リング) の z 軸周りの慣性モーメント I_R を求めよ。ただし、円輪の太さは無視できるものとする。
- (2) 図2のように x - y 平面内 ($z=0$) に置かれ、中心が原点にある密度一様な質量 M 、半径 a の円板の z 軸周りの慣性モーメント I_D を求めよ。ただし、円板の厚みは無視できるものとする。



図 1

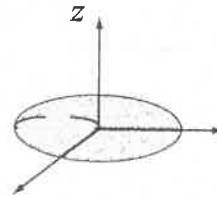


図 2

図3のように、水平面と角度 θ をなす、直線のレール上を図1の円輪が重力の作用を受けて滑らずに転がる。円輪の運動はレールを含む鉛直面内に限るとして以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度は g とする。

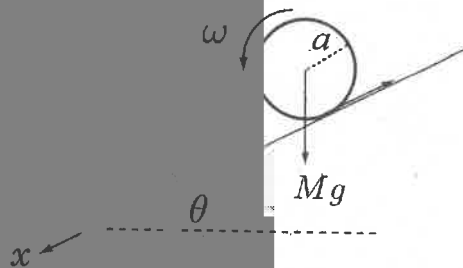


図 3

- (3) レールに沿って図3のように x 軸をとるとき、円輪に作用する摩擦力を F としてレールに沿った円輪の重心運動についての運動方程式を記せ。
- (4) 円輪の重心の周りの回転運動について運動方程式を記せ。ただし、円輪の回転角速度を ω とする。
- (5) レールと円輪の間に滑りがないとき、円輪の回転角速度と重心の速さの関係式を記せ。
- (6) 円輪の x 軸方向の加速度と摩擦力 F を求めよ。
- (7) 時刻 $t=0$ に、 $x=0$ で静止した状態から円輪がレール上を転がり始めたとする。円輪が $x=d(>0)$ に到達する時刻 t_d と、その時の円輪の回転エネルギーおよび重心の運動エネルギーを M, g, d, θ のうち必要なものを用いて表せ。
- (8) 図2の質量 M 、半径 a の円板を同じように $t=0$ 、 $x=0$ で静止した状態から転がした。 $x=d$ に到達する時刻を問(7)で求めた t_d と比較せよ。
- (9) 密度一様な質量 $m (< M)$ 、半径 a の円輪を同じように $t=0$ 、 $x=0$ で静止した状態から転がした。 $x=d$ に到達する時刻を問(7)で求めた t_d と比較せよ。

目

空中で、電場 E および磁束密度 B が満たす4つの方程式 (マックスウェル方程式) は次のように表せる:

$$\operatorname{div} B = 0, \quad \operatorname{rot} B - \frac{1}{c^2} \frac{\partial E}{\partial t} = 0$$

以下の問いに答えよ。

(1) 上の方程式を書き下せ。

(2) μ_0 とすると、定数 c はどのように表せるか。また、その大体の大きさ

(3) を考える。

(4) 「静電磁場においては、電場と磁場が独立に取り扱える」ことを

示す。ここで依存する或る関数 $\psi(r)$ の勾配として表せることを示せ。

(5) 長い円筒状の穴の内側に、中心軸方向の座標 z に依存しない静的電場を発生させる。このとき、穴の内側に生じる静電場を表す関数 $\psi(r)$ は一般に、次のように与えられる:

$$\psi(r, \theta) = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \frac{a}{n} \left(\frac{r}{a} \right)^n \sin(n\theta + \varphi_n) \quad (\text{A})$$

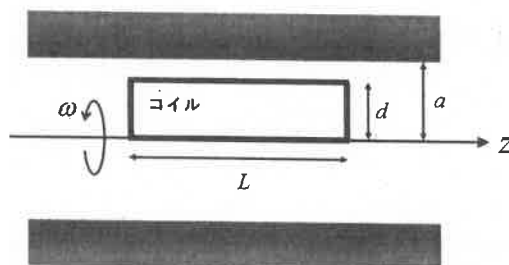
ここで B_n および φ_n はいずれも定数である。

(6) L の長方形をした薄いコイル (巻き数 1) を z 軸に沿って挿入し、角速度 ω で回転させた。このとき、発生する起電力 $V(\theta)$ を計算せよ。

(7) (6) の波形から、上式(A)が含む定数 B_n と φ_n が決定できる $V(\theta)$ から、 B_n と φ_n の間の公式を導け。

(8) (7) の結果を示し、それを解いて上式(A)を導け。必要があれば、以下の円筒座標系でのラシアンを用いよ。

$$\nabla^2 = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

+

+

研究科 (博士課程前期)
【物理学分野】

2020.8.27

2次元の x - y 面に閉じ込められてお
動関数は平面波で表され、周期境界
値のみが許される (n_x と n_y は任意の

は $E_p = \frac{p^2}{2m}$ で与えられる。 k_B はボ

E の関数として求めよ。

の大きさでフェルミエネルギーを求

と垂直な方向にかけると、速度 v で
を受け x - y 面内で円運動する。電

り、電子のエネルギー準位は

$(0, 1, 2, \dots)$

と ℓ の準位で囲まれる面積に含ま
ることができる。量子数 ℓ の準位

この系は高温にあり、ボルツマン統
数の和の極限に関する式を用いよ。